

Adoption et impact de la transformation du manioc en amidon aigre

Veronica Gottret*, Guy Henry* et **, Dominique Dufour**

Introduction

Optimiser les ressources destinées à la recherche et au développement dans le domaine de l'agriculture implique des actions clairement définies. Les fonds investis doivent permettre le développement de technologies appropriées aux besoins d'un maximum d'usagers (Gottret et Henry, 1994). Les résultats des études d'adoption et d'impact fournissent des renseignements utiles servant à réajuster ou à recibler le développement et le transfert de technologie, ce qui est très important pour les scientifiques et les agents du développement. Les informations sur le taux de rendement des fonds investis sont d'une importance capitale pour les investisseurs et les donateurs. L'analyse de ce document est basée sur le travail de caractérisation de l'agro-industrie de l'amidon aigre dans le département du Cauca, en Colombie (Gottret et al., 1997) afin de déterminer les niveaux d'adoption de la technologie, d'analyser les facteurs qui ont influencé l'adoption, d'approfondir les raisons pour lesquelles les transformateurs ont (ou n'ont pas) adopté les technologies de transformation, et d'estimer l'impact économique du changement de technologie.

* CIAT-AA671-Cali, Colombie

** CIRAD Montpellier, France

Le projet

Le département du Cauca est situé au sud-ouest de la Colombie, sur la côte pacifique. Ce département se caractérise par une population multiraciale et pluriculturelle, où cohabitent des ethnies indigènes (guambianos et paces, entre autres), noires, métisses et blanches ; chacune de ces ethnies possède sa propre identité culturelle. L'agroindustrie de l'amidon de manioc s'est installée le long de la route panaméricaine qui traverse ce département et relie les villes de Pasto, Popayán et Cali. Cette agroindustrie est composée de petites et moyennes unités de transformation appelées localement « rallerías ». Une part importante de la population rurale du département, toute ethnie ou culture confondues, obtient des revenus directs ou indirects de cette activité agroindustrielle.

L'extraction de l'amidon de manioc a débuté dans les années quarante, en tant qu'activité domestique effectuée par les femmes à l'aide d'équipements manuels de fabrication artisanale, le produit étant utilisé comme ingrédient dans la préparation des produits panifiés. Pendant les années cinquante, et afin de satisfaire une demande locale l'extraction d'amidon devient une agroindustrie nettement artisanale. Les premières innovations mécaniques de cette agroindustrie sont introduites dans les années soixante. Pendant les années quatre-vingt, cette agroindustrie commence à attirer l'appui d'institutions, à travers les ONG. Ainsi, en 1985, CECORA commence à fournir son appui à la coopérative des transformateurs qui existait déjà à cette époque. En 1987, SEDECOM et CETEC ont réalisé une enquête dans le but d'améliorer le procédé d'extraction d'amidon de manioc, celle-ci laissant apparaître un certain nombre de déficiences. En 1989, cette initiative des organisations locales, attire l'intérêt des organisations internationales. C'est ainsi qu'a vu le jour un projet intégré de recherche et développement pour la production et la transformation de l'amidon de manioc entre le CIRAD-SAR et le CIAT, avec l'appui financier du Ministère des Affaires Etrangères Français (MAE). Le but de cette étude était d'encourager le développement du secteur de production de l'amidon de manioc en Colombie, en orientant les efforts vers les petits et moyens transformateurs et producteurs de manioc (Chuzel et Muchnick, 1993). Le projet de développement était principale-

ment centré sur l'amélioration de la qualité du produit final, l'augmentation de l'efficacité du procédé et en moindre proportion, sur le traitement des eaux résiduelles générées durant le procédé. La technologie améliorée du procédé de transformation qui a été produite et transférée par le projet comprend l'amélioration technologique des machines et équipements traditionnels utilisés dans le procédé d'extraction de l'amidon et l'introduction du système de sédimentation par des canaux afin de réduire les pertes d'amidon, d'améliorer la qualité du produit et d'augmenter l'efficacité du procédé en permettant un procédé continu ; les changements au niveau de la distribution des machines et des équipements de manière à profiter de la déclivité naturelle du terrain, établissant ainsi un système de gravité ; les études de recherche visant l'amélioration de la qualité du produit ; le test et l'introduction de nouvelles variétés améliorées de manioc, adaptées à la région, avec des caractéristiques souhaitées pour la transformation de l'amidon ; le système de traitement des eaux résiduelles afin de protéger l'environnement et les sources d'eau (Gottret *et al.*, 1997).

Collecte de l'information

Pour obtenir l'information nécessaire à l'évaluation du degré d'adoption et de l'impact du projet de recherche et développement (1988-1996), on a utilisé une combinaison de cinq instruments de collecte d'information :

- Compilation d'informations secondaires sous forme de rapports et de documents du projet de recherche et de développement.
- Enquête formelle structurée de caractérisation de l'agroindustrie de l'amidon aigre de manioc et d'adoption de technologies destinées à toutes les unités de transformation (n=208) (Gottret *et al.*, 1997).
- Evaluation visuelle de la technologie de transformation utilisée dans toutes les unités de transformation (n=208) (Gottret *et al.*, 1997).
- Enquête formelle structurée concernant les coûts de production et d'adoption de technologie, destinée à un sous-échantillon des unités.

La taille de ce sous-échantillon a été estimée selon la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifié, avec une marge maximum d'erreur

de 0,20 et un degré de fiabilité de 80 %. On a ainsi estimé un échantillon de 54 enquêtes, réparties par strates de la façon suivante : 20 enquêtes pour le niveau technologique bas, 20 pour le niveau technologique moyen et 14 pour le niveau technologique élevé. L'information relative aux coûts de transformation et à la rentabilité par niveau technologique, obtenue avec cette enquête, permet de déterminer les revenus perçus par les transformateurs selon leur niveau technologique. Cette information est utilisée dans cette étude afin d'estimer l'impact économique du projet au niveau du transformateur.

- Cinq réunions de groupe ciblé avec les transformateurs des trois niveaux technolo-

giques. Ces sessions comprenaient cinq objectifs spécifiques : identifier les problèmes et facteurs limitatifs auxquels les transformateurs doivent actuellement faire face, établir un ordre de priorité des nécessités dans le domaine de la recherche, du développement et de l'aide aux transformateurs, approfondir du point de vue qualitatif les raisons invoquées par les transformateurs pour l'adoption ou le refus des technologies améliorées de transformation, prendre connaissance de l'organisation et de la gestion interne des unités de transformation et évaluer qualitativement le travail des institutions et l'impact social produit sur le développement de l'agroindustrie dans la région.

Changements technologiques

Procédé de lavage

La première étape du changement technologique concerne le passage du lavage et épiluchage manuel à la laveuse à chargement frontal. Cette innovation est principalement due au manque de main d'oeuvre et permet l'augmentation de la capacité de production (produire plus et plus vite) et la diminution des pertes en manioc ainsi que la possibilité de laver les racines de manioc de petite taille. Dans une seconde étape, on est passé de la laveuse à chargement frontal à la laveuse à chargement latéral, semi-continue et continue ; toutes ces machines ayant été fabriquées par les constructeurs de la région avec un aval institutionnel. Les motifs de ce changement (tableau 1) sont principalement l'augmentation de la capacité de production, l'amélioration de la qualité de l'amidon et des conditions de travail.

La laveuse
améliore
la qualité
et la quantité

40

	Laveuse améliorée	Tamiseuse améliorée	Canaux de sédimentation	Utilisation de la déclivité
Nombre de transformateurs ayant modifiés une technologie	9	12	19	13
Augmentation de la capacité de production	77,8	54,5	63,2	15,4
Amélioration de la qualité de l'amidon	11,1	-	15,8	15,4
Amélioration des conditions de travail	11,1	-	10,5	69,2
Diminution de l'usure des galets d'entraînement	-	45,5	-	-
Vu dans d'autres unités et imité	-	-	5,3	-
Diminution des coûts	-	-	5,3	-

Tableau 1 - Taux des causes des changements technologiques (n = 208)

Source : enquête formelle structurée pour la caractérisation de l'agroindustrie de l'amidon de manioc (Gottret et al., 1997)

Plusieurs innovations spontanées et motivées
--

Procédé d'extraction d'amidon par tamisage

Le changement technologique dans le procédé d'extraction par tamisage s'est déroulé en deux étapes. Lors de la première étape, les transformateurs sont passés du tamisage manuel avec un tissu à l'extracteur mécanique à quatre appuis.

Les transformateurs espéraient ainsi produire plus et plus vite, mais ils ajoutent que cela contribue aussi à en réduire la main-d'oeuvre. Ce procédé s'est réalisé dans cette région de façon spontanée sans l'intervention des institutions. D'autre part, au cours de la seconde étape les transformateurs ont remplacé l'extracteur à quatre appuis par un extracteur semi-axial, qui a été conçu par les constructeurs d'équipement de la région avec l'appui des institutions. De surcroît, dix transformateurs (5 %) ont remplacé l'extracteur à quatre appuis par l'extracteur semi-continu, également fabriqué par les constructeurs d'équipement de la région avec l'appui des institutions. Conformément aux données du tableau 2, les principales raisons apportées par les transformateurs pour ce changement correspondent au besoin d'augmenter la capacité de production, de diminuer les coûts d'entretien des machines grâce à une moindre usure des galets d'entraînement. Outre ces deux raisons, les transformateurs, au cours des discussions des groupes ciblés et de la seconde enquête ont déclaré que l'utilisation de ces extracteurs améliorés accroissent la qualité de l'amidon puisque sa pollution se voit réduite.

D'autre part, au cours des quatre dernières années, les transformateurs ont mis en place un « second tamisage » en utilisant des tamis vibratoires. Ce procédé s'applique au lait d'amidon afin de retirer les impuretés et les fibres qui subsistent dans l'amidon. L'amélioration de la qualité de l'amidon est le motif principal du tamisage.

Procédé de sédimentation

Traditionnellement, la sédimentation de l'amidon s'effectue dans des bacs remplis avec le lait d'amidon qu'on laisse reposer pendant environ un jour afin que l'amidon se dépose. Une des améliorations technologiques de ce procédé consiste à construire des canaux par lesquels le lait d'amidon circule et sédimente. La raison fondamentale pour laquelle les transformateurs construisent ces canaux est l'augmentation de la capacité de production (tableau 2). Il existe d'autres raisons telles que l'amélioration de la qualité de l'amidon, des conditions de travail et la réduction des coûts. Les résultats de la seconde enquête montrent que 71 % de ceux qui construisent des canaux l'ont fait pour amélio-

La construction de canaux de sédimentation a amélioré le rendement et l'efficacité

rer la qualité et que 20 % ont été motivé par l'augmentation du rendement (conversion racine de manioc en amidon). Cependant, une fois les canaux construits, d'autres avantages apparaissent : augmentation de la capacité de production, amélioration de la qualité, croissance de l'efficacité de l'extraction de l'amidon et diminution de la main-d'oeuvre.

	Transformation de la variété algodona	Transformation de mélange Algodona et Raya 7	Laveuse améliorée	Machines et équipements disposés en gravité
Transformateurs ayant adoptés la technologie	36,6	19,3	42,1	17,9
Probabilité estimée d'adoption	0,63	0,93	0,41	0,04
Facilité d'accès au marché				
distance à la route trans américaine	-0,88 *** (-0,97)	-17,9 ***	-0,25	-3,23
Vente directe aux utilisateurs industriels	1,23 ***	0,11	0,85 **	1,82 *** (2,25)
Type de main-d'oeuvre				
main-d'oeuvre féminine et infantile	-2,68 *** (-2,24)	0,17	-1,06 (-2,02)	-2,2
main-d'oeuvre embauchée	-0,2	-0,09	0,82 (1,35)	1,41
Caractéristiques des unités de transformation				
associatives	0,19	0,7	-0,22	1,20 *
privées	0,48	13,8	1,88 *	12,9
Caractéristiques du transformateur				
âge	-0,03 *	-0,04 *	0,04 ***	0,02
années d'expérience	-0,01	-0,01	-0,03	-0,02
années de formation	0,04	0,01	0,01	0,10 * (0,13)
autres activités	-0,36	1,07 **	-0,06	0,06
producteur de manioc	0,53	-1,63 *** (-1,82)	-0,12	0,06
ressources exclusivement de la transf., du manioc	-0,1	1,21 ***	0,46	-0,02
membre d'organisation de producteur et transformateur	2,32 ***	0,86	0,92 **	1,24 ** (2,10)
Accès à l'appui institutionnel				
assistance technique	-1,86 ***	0,29	0,1	0,99 *
crédit	-0,75 *	-0,72	-0,23	0,31

niveau de significativité : *** # 0,05, ** 0,05 < # 0,10 * 0,10 < # 0,20

Tableau 2 - Effets des caractéristiques socio-économiques sur l'adoption de technologies. Analyse de la régression logistique et analyse par sélection de variables

L'un des producteurs constate aussi que la pollution des eaux résiduelles est réduite. Un des inconvénients rencontrés par les producteurs est la perte de la « mancha », partie protéique plus légère utilisée en alimentation animale qui sédimente sur la couche supérieure de l'amidon et qui est récupérée dans le procédé discontinu et perdue dans le procédé continu des canaux. Certains producteurs ont construit d'autres canaux supplémentaires afin de récupérer ce sous produit.

supprime la phase
de séparation

Sélectionne l'amidon
selon sa qualité

Le travail est en
continu
et la pénibilité
moindre

besoins de capital
financier,
d'espace et
prix de vente
identique

De plus, lors des sessions de groupe ciblé avec les transformateurs de haut niveau technologique (ceux qui ont adopté les canaux de sédimentation), les avantages et les inconvénients de ces canaux de sédimentation ont été traités de façon plus approfondie. Les transformateurs considèrent que les canaux de sédimentation améliorent la qualité de l'amidon de deux façons : la « mancha » étant évacuée avec l'eau la phase de sa séparation d'avec l'amidon n'est pas nécessaire, alors qu'elle l'est quand la sédimentation se fait dans des bacs, et il est alors presque impossible de l'éliminer entièrement ; lorsque le débit de passage de l'eau est bien contrôlée, ce flux élimine la fibre qui peut être restée dans l'amidon pendant le procédé. De plus la sédimentation dans les canaux permet de sélectionner l'amidon en fonction de sa qualité. Les producteurs ont trouvé que la qualité de l'amidon est supérieure dans les trois premiers canaux. De plus la production augmente puisqu'il n'est pas nécessaire d'arrêter le procédé lorsque les bacs sont remplis, on peut ainsi travailler de façon continue et le travail est moins pénible. L'augmentation de l'efficacité de la conversion de manioc en amidon est partiellement due à l'élimination de la mancha mais avec certaines pertes en amidon. Les transformateurs soulignent qu'avec les bacs de sédimentation on pouvait obtenir environ un kilo d'amidon pour 5,2 kg de racines, en revanche avec les canaux les taux de conversion obtenus sont de l'ordre d'un kilo d'amidon pour 4,7 kg de racines de manioc. Les transformateurs pensent que la pollution des eaux résiduelles est diminuée par l'utilisation des canaux étant donné que l'eau stagne moins longtemps et que par conséquent le PH de l'eau ne diminue que légèrement (l'eau a moins le temps de s'acidifier).

Parmi les transformateurs qui n'ont pas adopté cette technologie, les principales raisons invoquées sont : manque de capital pour investir dans la construction des canaux ; manque de capital de travail ce qui signifie qu'ils ne souhaitent pas augmenter leur capacité de production ; manque d'espace dans l'unité de production pour construire des canaux et difficulté pour démolir les existants ; manque d'assistance pour leur construction et sur les avantages qu'ils représentent. De plus la qualité est infé-

rieure dans les derniers canaux et l'amidon des premiers canaux se mélangeant au reste, la qualité n'est pas supérieure à celle de l'amidon obtenu dans les bacs sans compter que le prix auquel ils le vendent est le même.

Distribution des machines

la déclivité
optimise
et sécurise le
travail

Au cours des huit dernières années la distribution des machines et la localisation des équipements profitent de la déclivité du terrain. Le tableau 4 montre que la principale raison d'adoption de cette technologie est de pouvoir travailler plus confortablement et de réduire la main-d'oeuvre nécessaire pour ce procédé. Au cours des discussions de groupe les transformateurs ont reconnu que cette distribution des équipements augmente également la sécurité industrielle puisque l'opérateur se déplace du côté opposé à celui où sont situées les courroies et les moteurs. De plus, les transformateurs pensent que cette technologie permet d'augmenter la capacité de production étant donné que le procédé est plus rapide.

mais nécessite plus
d'eau

Les transformateurs qui ont adopté cette technologie lui trouvent comme inconvénient l'augmentation de la quantité d'eau utilisée dans le procédé. Les transformateurs qui connaissent cette technologie mais qui ne l'ont pas adopté invoquent des raisons d'ordre économique d'autant plus que le terrain sur lequel leur unité de transformation est construite ne s'y prête pas; la déclivité du terrain étant nécessaire, tout aménagement du terrain dans ce sens serait une activité trop onéreuse.

Procédé de séchage

séchage sur sol de
ciment
recouvert de film
plastique,
plus rapide et plus
propre

Le séchage sur des claies en bois mobiles a été remplacé par le séchage sur des sols en ciment sur lesquels on a ajouté ultérieurement des plastiques noirs.

L'amidon sèche très rapidement ce qui permet d'augmenter la capacité de production et diminue la quantité de main-d'oeuvre puisqu'il n'est plus nécessaire de l'étendre et de le rentrer plusieurs fois de suite. Le plastique noir permet de rentrer l'amidon plus facilement et de le maintenir plus propre pendant le procédé de séchage, améliorant ainsi la qualité du produit.

Diffusion de la technologie

Les technologies améliorées du procédé peuvent être regroupées en trois catégories : les technologies traditionnelles locales les plus courantes, recommandées par les institutions, les tech-

nologies développées localement avec l'aide des institutions et les technologies améliorées introduites par les institutions.

deux techniques
traditionnelles
valorisées

A partir d'études réalisées sur l'influence de la matière première et le procédé de fermentation dans la qualité et le pouvoir d'expansion de l'amidon, deux composantes de la technologie traditionnelle la plus courante ont été recommandées par les institutions : l'utilisation de la variété « Algodona » qui donne un amidon de très bonne qualité si on se réfère à son pouvoir d'expansion et l'utilisation de bois pour recouvrir les bacs, la durée de la fermentation étant ainsi réduite de 30 à 15 jours sans affecter la qualité de l'amidon (cette diminution du temps de fermentation est principalement due au fait que le bois conserve l'inoculum des bactéries, accélérant ainsi le processus de fermentation).

des équipements
conçus
et élaborés
en collaboration
artisan-chercheur

Parmi les technologies développées localement avec l'aide des institutions on trouve principalement les technologies concernant le développement d'équipements améliorés. Il existe des fabricants de machines dans la région (un à Modombo et un autre au lieu-dit La Agustina) qui ont mis au point et diffusé des équipements améliorés. Toutefois, les institutions ont étroitement collaboré avec ces fabricants notamment dans le domaine de la conception, de la fabrication et de l'évaluation. Parmi ces technologies on peut citer l'utilisation de laveuses et d'extracteurs améliorés, l'utilisation d'une plaque en bois disposée sur la râpe qui permet d'effectuer un second rapâge, ce qui contribue à augmenter l'efficacité du procédé d'extraction de l'amidon, et l'utilisation d'un tamis vibratoire qui permet d'améliorer la qualité du produit.

des mélanges de
variétés aux qualités
différentes

Une autre technologie que l'on peut considérer comme ayant été développée localement avec l'appui des institutions, concerne l'emploi du mélange de la variété traditionnelle « Algodona » avec la variété améliorée « Raya 7 ». Trois variétés améliorées comprennent de bonnes caractéristiques : MCOL 1684, MBRA 383, et la Catumare 523-7 (connue localement sous le nom de « Raya 7 »). Cette dernière est une variété introduite par le CIAT et l'ICA en 1986 dans les plaines de l'est (Ilanos orientales) mais qui s'est disséminée de façon spontanée dans le département du Cauca. Cette variété à haute teneur en matière sèche (plus de 35 %) se développe bien dans les zones basses (jusqu'à 1 200 d'altitude). Etant donné que la variété locale « Algodona » est seulement cultivée dans les zones élevées, elle contient moins de matière sèche et son prix sur le marché est plus élevé. Les transformateurs ont adapté les recommandations à leurs nécessités : ils mélangent la variété donnant un amidon de bonne qualité (la variété locale « Algodona ») avec la variété

telle que « Raya 7 » qui permet de réduire les coûts grâce à sa haute teneur en amidon et à son prix plus économique puisqu'elle est produite dans la zone basse du Cauca.

D'autre part, l'utilisation de canaux de sédimentation, la distribution des machines et des équipements en gravité, le traitement des eaux résiduelles, et l'emploi exclusif de la variété « Raya 7 » peuvent entrer dans le groupe des technologies améliorées et développées et/ou introduites par les institutions. Par exemple, les canaux de sédimentation communément utilisés au Brésil ont été introduits et adaptés par les institutions dans le Département du Cauca.

La diffusion de la technologie (tableau 3) s'est faite principalement de transformateur à transformateur. Ce type de diffusion est encore plus évident dans le cas de l'amélioration des équipements, considérée comme une technologie développée localement avec l'appui institutionnel.

Une diffusion des technologies directe entre transformateurs

	Laveuse améliorée	Tamiseuse améliorée	Canaux de sédimentation	Utilisation de la déclivité
Nombre transformateurs ayant modifiés une technologie	9	11	21	13
Vu dans une autre unité de transformation	66,7	72,7	57,2	38,5
Idée du transformateur	22,2	18,2	4,8	61,5
Recommandation des institutions (CETEC et CIAT)	11,1	9,1	38	-

Tableau 3 - Taux d'origines des innovations adoptées

Source : enquête formelle structurée pour la caractérisation de l'agroindustrie de l'amidon de manioc (Gottret et al., 1997)

Par ailleurs, en ce qui concerne les canaux de sédimentation, on peut remarquer que le pourcentage de transformateurs ayant eu accès à la technologie par l'intermédiaire des institutions est en hausse bien que la diffusion faite de transformateur à transformateur continue à être la méthode la plus importante.

Quant à l'adoption de la distribution des machines en gravité, il est nécessaire de procéder à une analyse plus approfondie afin de mieux comprendre les origines de cette technologie étant donné que les transformateurs l'ayant adoptée s'en attribuent principalement l'initiative (et en moindre proportion à la diffusion de transformateur à transformateur).

Niveau d'adoption de la technologie

Niveaux des unités	Bas	Moyen	Haut	Total
Nombre d'unités	36	140	32	208
Technologies traditionnelles recommandées par les institutions				
Transformation de la variété algodona	11 (30,6)	77 (55,0)	21 (65,6)	109 (52,4)
Bacs de fermentation recouverts de bois	2 (5,6)	34 (24,3)	15 (46,9)	51 (24,5)
Technologies développées localement avec appui institutionnel				
Laveuse améliorée	0 (0,0)	30 (21,4)	17 (53,1)	47 (22,6)
Plaque de bois sur la râpe pour «second râpage»	1 (0,03)	50 (35,7)	18 (56,3)	69 (33,2)
Tamiscuse améliorée	3 (8,3)	43 (30,7)	19 (59,4)	65 (31,3)
Tamis vibratoire	0 (0,0)	15 (10,7)	10 (31,3)	25 (12,0)
Transformation de mélange Algodona et Raya 7	2 (5,6)	29 (20,7)	10 (31,3)	41 (19,7)
Technologies transférées par les institutions				
Canaux de sédimentation	0 (0,0)	0 (0,0)	32 (100,0)	32 (15,4)
Machines et équipements disposés en gravité	0 (0,0)	0 (0,0)	11 (34,4)	11 (5,3)
Traitement des eaux résiduelles	0 (0,0)	1 (0,7)	6 (18,8)	7 (3,4)
Transformation de la variété Raya 7	2 (5,6)	38 (27,1)	15 (46,9)	55 (26,4)

Tableau 4 - Taux d'adoption des technologies par les unités (Entre parenthèses le pourcentage du total des unités par niveau technologique)

Le tableau 4 montre que 17,3 % des 208 unités de transformations recensées possèdent un faible niveau technologique. Dans ces unités de transformation, l'amidon est encore extrait de façon traditionnelle, c'est-à-dire de la même façon qu'ils le font depuis les années cinquante. Le procédé est effectué entièrement à la main, quoique 21 d'entre elles ont recours à des machines pour extraire l'amidon. D'un autre côté, les 67,3 % des unités de transformation extraient l'amidon mécaniquement mais avec des machines traditionnelles, c'est-à-dire les mêmes machines qu'ils utilisent depuis les années soixante, ces unités sont classées dans la catégorie niveau technologique moyen.

17,3 % niveau faible

67,3 % niveau
moyen

Toutefois, 21,4 % de ces rallanderías ont adopté des laveuses à chargement latéral et semi-continues améliorées, 35,7 % utilisent une plaque en bois disposée sur la râpe pour procéder à un second rapâge, accroissant ainsi l'efficacité d'extraction de l'amidon, 30,7 % utilisent des extracteurs semi-axial et semi-continus améliorés, 10,7 % effectuent le procédé de tamisage avec des tamis vibratoires améliorés, et une seule traite les eaux résiduelles. Finalement, on peut considérer que 15,4 % unités de transformation ont adopté partiellement ou totalement les technologies améliorées de transformation telles que l'emploi des canaux de sédimentation, la distribution des machines et des équipements en gravité, mettant ainsi à profit la déclivité naturelle du terrain, et l'amélioration mécanique. Par conséquent, ces 32 unités de transformation peuvent être classées dans la catégorie niveau technologique élevé. Parmi ces unités de transformation, toutes utilisent des canaux pour la sédimentation de l'amidon et 34,4 % ont distribué leurs machines en fonction de la gravité. Les machines à chargement latéral et semi-continues améliorées sont adoptées par 53,1 % des producteurs, 56,3 % utilisent la plaque permettant un second rapâge, 59,4 % des extracteurs semi-axiaux ou semi-continus améliorés, et 31,3 % utilisent des tamis vibratoires améliorés. De plus 18,8 % de ces unités de transformation effectuent un certain traitement des eaux résiduelles.

15,4 % niveau élevé

Enfin 52,4 % des transformateurs utilisent la variété « Algodona » et 26,4 % la variété « Raya 7 ». De plus, 19,7 % des transformateurs mélangent la variété « Algodona » à la variété « Raya 7 ». Dans tous les cas, le pourcentage des transformateurs utilisant des variétés recommandées augmente parallèlement au niveau technologique des unités de transformation.

utilisation de mélange
de variétés

Facteurs ayant influencé l'adoption de technologie

Cette analyse permet de mieux comprendre l'objectif d'adoption des technologies améliorées pour la transformation de l'amidon aigre de manioc et d'identifier les facteurs qui conditionnent la réaction des transformateurs vis-à-vis des nouvelles technologies ; elle permet aussi de déterminer le rapport entre l'adoption des technologies et le mode de commercialisation de la production, la facilité d'accès aux marchés, le type de main-d'oeuvre employée, les caractéristiques des unités de transformation et du transformateur et l'accès à l'aide des institutions. Ce type d'analyse est utile aux personnes chargées de définir les politiques de manière à pouvoir mieux développer et diffuser les nouvelles technologies. Si on peut identifier les fac-

analyse à la base
des politiques de
diffusion des
technologies

 ou des recherches

teurs qui caractérisent les transformateurs qui n'adoptent pas la technologie, il peut alors être possible de modifier les systèmes de recherche, de développement et d'encouragement afin de permettre une meilleure couverture de ce segment de la population. D'autre part, si l'on peut établir les différences entre ceux qui adoptent la technologie et ceux qui ne l'adoptent pas, on pourrait ainsi déterminer de façon plus efficace les effets de la technologie sur la distribution des revenus et de l'emploi.

 avec un modèle

Les facteurs généralement mentionnés dans les études¹ sont la disponibilité de crédit, l'accès à l'information et à l'assistance technique, la taille et la forme de possession de la ferme, les caractéristiques du producteur (âge, années de scolarisation, expérience, etc.), et la disponibilité de main-d'oeuvre, d'intrants et d'une infrastructure adéquate. En général l'adoption de la technologie n'est pas en rapport avec les facteurs relatifs à la facilité d'accès aux marchés ni avec le rôle des organisations des producteurs et transformateurs. Pour effectuer ces analyses, on a utilisé un modèle que simule la courbe logistique d'adoption qui a été estimé à partir d'un sous-échantillon des données obtenues à travers l'enquête formelle structurée de caractérisation de l'agroindustrie de l'amidon aigre de manioc et d'adoption de technologie, et l'évaluation visuelle de la technologie de transformation utilisée. Pour cette estimation, on a seulement utilisé 145 observations qui correspondent aux unités de transformation actuellement en fonctionnement. Pour les autres unités, la première enquête n'a pas pu être réalisée entièrement.

Ce modèle a été estimé dans un premier temps avec toutes les variables qui sont considérées comme susceptibles d'influencer la décision d'adoption, elles figurent ci-après sous forme de liste.

Variables Relatives à la Facilité d'accès au Marché : distance entre l'unité de transformation et la route panaméricaine et type de commercialisation de l'amidon.

Variables Relatives au type de main-d'oeuvre utilisée : pourcentage de la main-d'oeuvre féminine ou infantile et pourcentage de la main-d'oeuvre employée sous contrat.

Variables Relatives aux caractéristiques des unités de transfor-

mation : type de propriété et forme de possession de l'unité de transformation.

Variables Relatives aux caractéristiques du transformateur : âge, années d'expérience comme gérant de l'unité de transformation, années de scolarité, temps consacré à d'autres activités productives ou à un travail rémunéré, temps consacré à la production de manioc, pourcentage des revenus provenant de la transformation de l'amidon et affiliation à l'organisation des producteurs et transformateurs de manioc.

Variables Relatives à l'accès à l'aide des institutions : accès à l'assistance technique et aux crédits.

1 Colmenares, 1975 ; Gerhart, 1975 ; Cutie, 1976 ; Demir, 1976 ; Gafsi et Roe, 1979 ; Garcia et al., 1983 ; Caswell et Ziberman, 1985 ; Rook et Carlson, 1985 ; Rahm et Huffman, 1988 ; Harper et al., 1990 ; Zepeda, 1990 ; Lin, 1991 ; Green et Ng'ong'ola, 1993.

Les résultats de cette analyse de régression logistique figurent dans le tableau 2. Etant donné le bruit produit par le nombre de variables utilisées dans les estimations, les résultats montrent un niveau peu significatif des variables explicatives. Afin de déterminer avec une meilleure fiabilité les variables les plus significatives dans le processus d'adoption, les régressions logistiques ont été estimées selon la méthode de sélection des variables. Cette méthode d'estimation choisit les variables les plus significatives dans l'explication de la variabilité pour l'adoption de technologie, qui s'intègrent au modèle en fonction de leur contribution à l'explication de la variable de réponse.

Dans ce type de régression, seules les variables ayant un niveau significatif élevé sont prises en compte dans l'estimation (tableau 2).

L'analyse de la régression logistique montre que les variables ayant le plus d'influence sur l'adoption de la technologie sont celles qui sont en rapport avec la facilité d'accès au marché. En ce qui concerne l'utilisation des variétés recommandées pour la transformation, on peut remarquer que l'adoption est inversement proportionnel à la distance à la route panaméricaine.

Par ailleurs, l'adoption de technologie subit l'influence de la forme de commercialisation de la production. La probabilité qu'un transformateur type¹ transforme la variété « Algodona » est de 61,2 %, mais si ce transformateur vend directement à l'industrie qui consomme l'amidon, la probabilité d'adoption est de 84,3 %.

De la même façon, la probabilité qu'un transformateur adopte des machines ou équipements améliorés ou des canaux de sédimentation est respectivement de 29,2 % et 1,6 %, mais si ce transformateur vend directement à l'industrie, la probabilité d'adoption passe respectivement à 49 et 8,8 %. Ces résultats démontrent que la facilité d'accès au marché est l'un des facteurs déterminants du processus d'adoption de technologie.

La main-d'oeuvre est aussi une variable importante pour expliquer l'adoption de machines et d'équipements améliorés. Les transformateurs qui emploient une main-d'oeuvre essentiellement familiales (composée en plus grande partie de femmes ou d'enfants) adoptent peu des équipements améliorés car le faible coût de cette main-d'oeuvre diminue les motivations pour mécaniser le procédé. Par contre les transformateurs dont le pourcentage de main-d'oeuvre sous contrat est important améliorent leurs machines afin de réduire leurs besoins en main-d'oeuvre ainsi que les coûts de production.

facteurs dépendant de la proximité du marché
de la forme du produit

1 Un transformateur typique d'amidon aigre de manioc dans le Département du Cauca possède les caractéristiques suivantes : son unité de transformation est située à 25 minutes de la route panaméricaine, il vend sa production à des intermédiaires, 16 % de sa main-d'oeuvre est composée de femmes et/ou d'enfants, 57 % de la main d'oeuvre est employé sous contrat, il travaille dans une *rallandería* qui lui appartient individuellement, il est âgé d'environ 43 ans, il possède 12 ans d'expérience dans le domaine de la transformation du manioc, il a été scolarisé pendant 5 ans (école primaire), il se consacre à d'autres activités productives ou il est salarié, il n'est pas membre de la Coopérative des producteurs et transformateurs de manioc (COAPRACAUCA), il cultive également le manioc, il n'a ni accès à l'assistance technique ni au crédit, et seulement une partie de ses revenus proviennent de la transformation du manioc.

du coût de la
main-d'oeuvre

Le type de possession des unités de transformation n'a pas une grande importance dans le processus d'adoption de technologie. On peut toutefois remarquer que la tendance à l'adoption de technologie est plus marquée chez les transformateurs qui sont propriétaires de leur unité de production.

de l'appartenance à
une coopérative

La caractéristique du transformateur qui a le plus d'influence sur l'adoption de technologie est son appartenance à COAPRA-CAUCA. On remarque que la probabilité d'adoption augmente de façon significative chez les transformateurs membres de la coopérative. Par exemple, la probabilité qu'un transformateur utilise la variété « Algodona » passe de 61,2 % à 94,2 % si celui-ci est membre de la coopérative. De même, la probabilité d'adoption de machines améliorées ou de canaux de sédimentation, passe de 29,2 % à 50,8 % et de 1,6 % à 5,2 % respectivement, si le transformateur est membre de la coopérative. Parmi toutes ces variables, on peut observer que l'âge du producteur est inversement en rapport avec l'adoption des variétés recommandées pour la transformation. D'autre part, l'adoption de machine est directement liée à l'âge du producteur, ce qui peut s'expliquer par un pouvoir d'achat supérieur des transformateurs plus âgés. Toutefois, l'adoption de technologie améliorée introduite par les institutions est plus importante chez les transformateurs ayant un niveau scolaire plus élevé, ce qui correspond à un intérêt supérieur vis-à-vis de l'innovation technologique.

et de l'âge du
producteur

mais peu de
corrélation avec
l'accès à l'assistance
technique et au
crédit

Finalement, les résultats des estimations montrent que l'adoption de technologie améliorée pour la transformation, contrairement à ce que l'on pourrait penser, n'est pas en rapport avec l'accès à l'assistance technique ou au crédit. Comme on l'a vu dans la partie concernant les sources de diffusion de technologie, ce processus se fait plus naturellement de transformateur à transformateur, et le taux de transformateurs ayant eu un accès direct à l'assistance technique a tendance à être faible (seulement 9,6 % des transformateurs prétendent avoir reçu une assistance technique).

D'autre part, les transformateurs ayant adopté les innovations technologiques l'ont fait en grande majorité, avec des fonds propres. Seulement 14,9 % d'entre eux affirment avoir bénéficié d'un prêt pour la transformation du manioc. Toutefois, lors des discussions de groupes ciblés, les transformateurs n'ayant pas adopté la technologie invoquent en grande partie le manque de ressources économiques, ce qui ne signifie pas nécessairement qu'il n'existe pas de possibilité d'emprunt, mais que les taux d'intérêts sont trop élevés, les délais de remboursement trop courts, et l'accès des petits transformateurs à ces crédits est limité.

Impact économique et social

Les bénéfices économiques et leur répartition entre les différents groupes d'intérêt sont évalués par un modèle d'excédents économiques relatifs aux marchés verticaux (extrait d'Alston *et al.*, 1995).

	Production de manioc ^a	Prix réel de manioc ^b	Production d'amidon aigre ^c	Prix payé au transformateur ^d	Prix payé par l'industrie ^d
1988	69 000	42 954	8 000	305 556	333 397
1989	56 900	57 924	9 100	401 593	437 907
1990	55 959	48 000	9 100	230 250	280 773
1991	71 624	28 119	9 900	182 004	211 620
1992	79 665	55 757	10 200	359 501	398 492
1993	49 186	35 327	10 300	253 447	306 253
1994	57 694	25 447	10 900	159 046	207 952
1995	42 312	40 708	11000	274 490	321 499

Tableau 5 - Evolution de la production de manioc (en tonnes) et prix de l'amidon aigre (en 1990\$/col/tonne)

Sources: ^aMinistère de l'agriculture et du développement rural de Colombie 1996, ^bCETEC, 1994, ^cEstimations des auteurs basées sur : Pineda *et al.*, 1990 et Gottret *et al.*, 1997, ^dCETEC, 1994 actualisé avec les informations de la Coopérative de producteurs et transformateurs de Cauca (COAPRACAUCA)

Pour pouvoir estimer ce modèle il faut connaître les quantités produites et les prix des produits aux différents niveaux de la chaîne de production (tableau 5), mesurer le changement technologique en terme de réduction de coûts et connaître la courbe d'adoption.

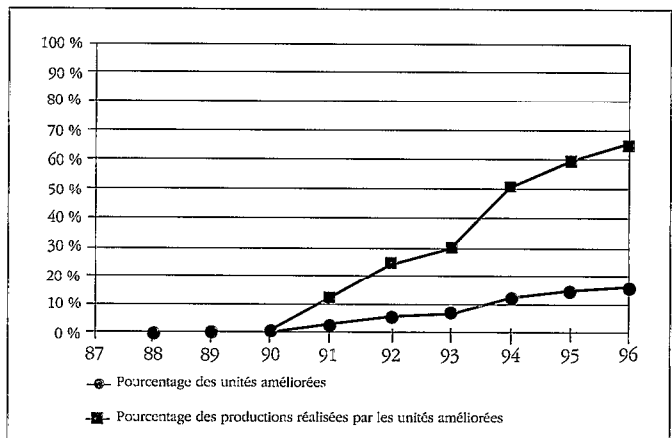


Figure 1 - Courbe d'adoption de technologies. Unités améliorées et production réalisée par les unités

A partir des résultats des enquêtes, est établie la courbe d'adoption de technologie (figure 1) en terme de nombre d'unités de transformation améliorées (haute technologie), qui n'existaient pas avant le début du projet, et le pourcentage de la production dans les unités de transformation améliorées.

	Niveaux de technologie des unités			Total
	Bas	Moyen	Haut	
Nombre d'unités	10	23	14	47
Facteur de conversion (racine de manioc / amidon aigre)	5,3	5,0	4,6	4,9
Production d'amidon (Tonne/an)	24,5	82,6	205,6	106,9
Coût de transformation (\$Col/kg)	817	719	669	697
Rentabilité brute %	6,9	28,0	44,9	31
Rentabilité nette %	-5,1	20,6	39,0	24,2

Tableau 6 - Coûts de transformation et rentabilité des unités de transformation de manioc

D'autre part le facteur de conversion de racines de manioc en amidon et les coûts des unités de transformation en fonction de leur niveau technologique (tableau 6) montrent que l'amélioration technologique de la transformation entraîne une augmentation de la capacité de production, de 82,6 TM/an à 205,6 TM/an (149 %), et une diminution des coûts de transformation de 7 % (de 719 pesos colombiens à 669 pesos Colombiens par kilo d'amidon produit). L'estimation du modèle s'est appuyée sur l'élasticité d'une offre de racines de manioc égale à 1. Cette offre permet d'ouvrir l'économie de la région et de cette manière permet l'entrée de manioc d'autres régions. Actuellement la majorité du manioc transformé est produite dans le département de Cauca tandis que 30 % proviennent d'autres régions de Colombie et même d'Equateur (Gottret *et. al.*, 1997). Pour l'amidon de manioc, il a été pris une élasticité de l'offre égale à 0,8 et une élasticité de la demande de -2,2 (FINANCIA-COOP, 1990 ; Henry, 1995).

Les bénéfices estimés en pesos colombiens (tableau 7) au taux de 1996 (1US \$ = 1 000 \$Col approximativement) en fonction des groupes d'intérêt montrent que tous les groupes ont obtenus des bénéfices avec l'amélioration technologique pour la production de l'amidon de manioc.

un modèle avec une
élasticité d'une offre
égale à 1

des résultats
économiques

Producteurs de manioc	6,400	25,3 %
Producteurs d'amidon aigre	6,260	24,8 %
Industrie utilisatrice d'amidon aigre	12,620	49,9 %
Bénéfices totaux	25,280	100 %

Tableau 7 - Répartition des bénéfices économiques du projet intégré de 1988 à 1996 ; (en millions de \$col 1996
1 \$US=1000 \$col)

D'une part, les producteurs ont bénéficié d'une hausse de la demande de leur produit répercutée dans l'augmentation du prix du manioc. Par conséquent les producteurs vendent plus et à un prix plus élevé. Les transformateurs ont également été avantagés, car malgré la baisse du prix de leur produit dû à l'augmentation de l'offre, ils vendent plus et produisent à un moindre coût. Les transformateurs, bien que le prix de vente de leur produit ait diminué, ont réduit leurs coûts de production en plus grande proportion, ce qui entraîne une hausse de leurs revenus. D'autre part, l'industrie qui consomme le produit a également tiré profit de l'amélioration technologique puisqu'elle achète plus d'amidon à un prix inférieur. Finalement, la hausse des revenus de l'ensemble s'élève à 25 280 millions de pesos colombiens (25,3 millions de US \$ approximativement). Si on considère que ce projet a coûté environ 8 870 millions de pesos colombiens, on calcule des bénéfices nets de 16 420 millions de pesos colombiens avec un taux de rendement interne de 83 %.

Afin d'évaluer le degré de sensibilité aux élasticités de l'offre et de la demande utilisées, le modèle a été estimé avec des changements de ces paramètres de 20 % (tableau 8).

avantageux pour le producteur et le transformateur

faible sensibilité à l'élasticité de l'offre et de la demande

			Producteur	Transformateur	Industrie	Total
Caractéristiques du marché						
Elasticité	valeurs de référence	valeurs optionnelles				
Offre de manioc	1,0	0,8	8,110 (47,1)	4,520 (26,2)	4,590 (26,7)	17,220
Offre en amidon aigre	0,8	1,0	7,760 (44,2)	4,320 (24,6)	5,490 (31,2)	17,570
Demande en amidon aigre	-2,2	-1,8	5,960 (34,3)	6,070 (35,0)	5,320 (30,7)	17,350

Tableau 8 - Analyse de sensibilité : élasticité de l'offre et de la demande utilisée pour l'estimation des bénéfices (en millions de \$col de 1996)

Ces résultats montrent que la totalité des bénéfiques pour la société varie de 30 % mais avec de grandes variations entre les différents groupes. En général, on peut observer que lorsque l'élasticité de l'offre des producteurs ou des transformateurs diminue, c'est-à-dire qui réagit moins aux changements de prix, le pourcentage des bénéfiques totaux pour ce groupe est à la hausse. Dans le cas des consommateurs, on peut également remarquer qu'une diminution de l'élasticité de leur demande entraîne une augmentation du pourcentage des bénéfiques totaux perçus par cette partie de la société. D'autre part, au cours des sessions de groupe on a demandé aux transformateurs des différents niveaux technologiques quel a été l'impact de cette agroindustrie sur le développement de la région.

impact positif sur le
développement de la
région

Les transformateurs de bas niveau technologique pensent que cette agroindustrie achète le manioc aux producteurs de la région à un juste prix, sans les tromper sur le poids, et qu'il est plus facile pour les producteurs de vendre le manioc dans les unités de transformation de la zone étant donné qu'ils économisent ainsi les frais de transport nécessaires pour le vendre en dehors de la région. De plus, ils pensent que la transformation du manioc crée des emplois pour les habitants de la région. Les transformateurs de niveau technologique moyen et élevé pensent que l'agroindustrie a contribué à la création d'emplois dans la région, pas seulement au niveau de la transformation, mais aussi dans le domaine de la production de manioc et des transports, ce qui a entraîné une amélioration du niveau de vie de la population.

et sur le niveau de vie

Pour citer textuellement un des transformateurs « l'agroindustrie du manioc a apporté plus d'argent à la population permettant ainsi d'améliorer leur logement, d'acheter des fermes, d'acquérir un moyen de transport et... même de boire un verre. »

mais l'agroindustrie
est polluante

Parmi les effets négatifs de l'agroindustrie sur la qualité de vie de la population, les transformateurs mentionnent le problème de pollution de l'environnement, ce qui, bien que cela ne les affecte pas directement, a des répercussions sur la région où ils vivent. Les transformateurs pensent qu'il est nécessaire de mettre en place un système de traitement des eaux résiduelles, mais ils pensent qu'il s'agit d'une décision économique car le traitement des eaux est onéreux et ils n'ont pas actuellement les moyens pour le faire.

Conclusion

Les résultats montrent clairement que la localisation géographique des unités de transformation est importante pour leur développement technologique vu que les unités les plus isolées

affichent un taux d'adoption nettement plus faible. Ces unités sont éloignées des sources de matières premières, d'information, de technologie, de crédit, des marchés et la plupart emploient une main-d'oeuvre familiale. Si à l'avenir, on souhaite produire un impact sur les revenus de ces transformateurs, significativement plus pauvres, il faudra alors diriger des efforts supplémentaires vers ce groupe avec une technologie appropriée accompagnée de l'intervention d'institutions et de stratégies de marketing.

L'importance de l'intégration avec les marchés et les consommateurs mise en évidence est bénéfique tant pour les consommateurs que pour les transformateurs. Ainsi, on pourra obtenir un meilleur équilibre entre l'offre et la demande, améliorer la qualité du produit, diminuer les marges de bénéfice des intermédiaires commerciaux, contribuer à stabiliser les prix, et réduire les prix au consommateur à moyen terme. L'existence de la Coopérative, qui maintient un contact permanent avec le marché (même si sa participation sur le marché est encore peu significative puisqu'elle ne commercialise actuellement que 5 % de la production de la zone), montre que cette intégration peut encore être améliorée. De plus, les autres zones plus isolées ont besoin d'une intervention similaire. Une forte intervention d'institutions est par conséquent nécessaire dans le but de promouvoir les actions de marketing avec des organisations de producteurs et de transformateurs.

Un aspect intéressant est le degré de mécanisation en relation avec la disponibilité de la main-d'oeuvre familiale. Dans les unités de transformation plus petites et plus isolées, les chances des femmes (et enfants) d'obtenir une source de revenus sont assez faibles. Les interventions basées sur la mécanisation pouvant entraîner une diminution de la participation des femmes à ce secteur économique, pourraient donc avoir des conséquences négatives quant au bien-être des foyers.

Le crédit ne semble pas avoir été dans le passé un point décisif pour l'adoption de technologie, néanmoins durant les sessions de groupe ciblé, les transformateurs ont mentionné le crédit comme étant l'un des principaux problèmes les affectant. Jusqu'à maintenant, on ne discerne pas très clairement s'il s'agit d'un problème de capital de travail ou d'investissement, ou si le problème concerne la disponibilité de crédit en soi ou les conditions du crédit. Toutefois, les conditions actuelles de crédit impliquent un niveau de risque significatif. Donc, si on considère que l'adoption de technologie implique un niveau de risque supérieur, le risque supplémentaire du crédit peut s'avérer trop élevé, surtout pour les transformateurs les plus pauvres. Cet aspect devra faire l'objet d'une étude et d'une analyse plus détaillées. Si à l'avenir on souhaite offrir plus de facilités de cré-

dit, sa forme et le moyen d'accès devront être appropriés aux différentes conditions des usagers.

L'analyse de l'impact économique montre que l'investissement en recherche et développement affiche un taux de rendement interne non négligeable. Même si l'on considère que les coûts sont sous-évalués puisqu'ils ne tiennent pas compte des coûts des autres actions de l'agroindustrie (les coûts ont été réévalués de 20 %), un taux de rendement interne de l'investissement en recherche supérieure à 30 % est loin d'être négligeable. Cette information permet de justifier qu'investir dans la petite agroindustrie rurale est un bon investissement pour parvenir à développer des zones rurales. Cette analyse montre que, quoique les ressources aient été investies dans le domaine de la transformation, les producteurs ont été avantagés par la hausse de la demande de leur produit. On peut donc conclure que les projets intégrés favorisent tous les groupes de la chaîne de production, et que le groupe des plus pauvres, les producteurs de manioc, a également profité des avantages.

L'analyse quantitative d'impact ne comprend pas une évaluation des effets sur l'environnement. Toutefois, l'information qualitative montre que les transformateurs sont conscients de l'effet négatif de l'agroindustrie sur la pollution des eaux résiduelles. Cette information doit donc faire l'objet d'une attention particulière lors de la programmation de futures interventions en recherche et développement tant de la part des personnes qui élaboreront les politiques pour ce secteur que de la part des scientifiques et des institutions de développement.

Même s'il est évident que les études d'adoption et d'impact fournissent une information utile à différents publics, nous souhaitons formuler comme dernière recommandation le fait que les projets intégrant la recherche et le développement en production, transformation et commercialisation, ne devraient pas traiter les activités d'impact et d'évaluation comme un élément isolé mais au contraire comme un aspect faisant partie intégrante de ces projets. Cette intégration pourrait se traduire en une meilleure efficacité des ressources investies en recherche et développement.

Remerciements

Le travail sur le terrain de cette étude a pu être réalisé grâce aux efforts conjoints de CETEC, CIAT, CIRAD, Corpotunia, et Fundación Carvajal et au financement du CIRAD-SAR et du CIAT. Nous remercions très particulièrement Carlos Chibito, William Cifuentes, Freddy Alarcón, Juan Pablo Bedoya et Ricardo Ruiz pour les efforts produits au cours des enquêtes sur le terrain. De plus, nous adressons nos remerciements à James García et Norbey Marin pour le traitement des données et à

Stanley Wood pour son assistance dans l'estimation des bénéfices économiques. Finalement nous tenons à remercier très particulièrement, tous les transformateurs de manioc du Cauca qui ont mis leur temps à notre disposition pour la réalisation de cette étude qui aurait été impossible sans leur collaboration. Non obstant, les auteurs sont responsables de toute erreur ou omission.

Bibliographie

- ALSTON J.M., NORTON G.W., PARDEY P.G., 1995. Science under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting. Ithaca, N.Y. : Cornell University Press.
- AMEMIYA T., 1973. Regression Analysis when the Dependent Variable is Truncated Normal. *Econometrica*. 41:997-1016.
- CASWELL M., ZILBERMAN D., 1985. The Choices of Irrigation Technologies in California. *American Journal of Agricultural Economics*, 67:224-233;
- CETEC 1994. La Produccion y Mercados de la Yuca y de Almidon de Yuca. 40 p.
- CHUZEL G., MUCHNIK J., 1993. La valorisation des ressources techniques locales ; l'amidon aigre de manioc en Colombie. In *Alimentation, Techniques et Innovations dans les Régions Tropicales*, ed. Muchnik, J., 637-647. Paris, France : l'Harmattan.
- COLMENARES J. H., 1975. Adoption of Hybrid Seeds and Fertilizers among Colombian Corn Growers. Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- CUTIE J., 1976. Diffusion of Hybrid Corn Technology, The Case of El Salvador. Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- DEMIR N., 1976. The Adoption of New Bread Wheat Technology in Selected Regions of Turkey. Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- FINANCIACOOP, 1990. Informe del Proyecto de Comercializacion e Industrializacion de la Yuca y sus Derivados en la Region Norte del Cauca. Popayon, Colombia. 184 p.
- GAFSI S., ROE T., 1979. Adoption of Unlike High-Yielding Wheat Varieties in Tunisia. *Economic Development and Cultural Change*, 28:119-33.
- GARCIA P., SONKA T., MAZZACCO M. A., 1983. A Multivariate Logit Analysis of Farmers' Use of Financial Information. *American Journal of Agricultural Economics* 65:136 4.
- GERHART J. 1975. The Diffusion of Hybrid Maize in Western Kenya. Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- GOTTRET M.V., HENRY G., MULLEN J.D. 1996. Empirical Estimation of Cassava Supply under Risk Conditions in the Atlantic Coast of Colombia. (non publié) 26 p.
- GOTTRET M.V., HENRY G., 1994. La Importancia de los Estudios de Adopcion e Impacto: El Caso del Proyecto Integrado de Yuca en la Costa Norte de Colombia. In *Memorias de la Tercera Reunion de Fitomejoradores de Yuca*, Villaclara, Cuba, Noviembre 1993. ed. Iglesias, C.A. Documento de Trabajo CIAT No. 138. Cali, Colombia : CIAT.
- GOTTRET M.V., HENRY G., MULLEN J.D., 1994. Economic Returns of the Integrated Cassava Research and Development Project in the Atlantic Coast of Colombia. (non publié) 22p.
- GOTTRET M.V., HENRY G., DUFOUR D., 1997. Caractérisation de l'agroindustrie de production d'amidon aigre de manioc en Colombie. Les

- Cahiers de la Recherche Développement N° 43, 67-82.
- GREEN D.A., NG'ONG'OLA D.H., 1993. Factors Affecting Fertilizer Adoption in Less Developed Countries: An Application of Multivariate Logistic Analysis in Malawi. *Journal of Agricultural Economics*, 44:99-109.
- HARPER J. K., RISTER M. E., MJELDE J. W., DREES B. M., WAY M. O., 1990. Factors Influencing the Adoption of Insect Management Technology. *American Journal of Agricultural Economics*, 72:997-1005.
- HENRY G., 1995. Global Cassava Sector Constraints and Estimated Future R&D Benefits. Documento preparado para el Taller sobre Investigación de Raíces y Tubérculos en el CGIAR, Washington D.C., 30 Mayo - Junio 2, 1995.
- HOSMER D.W., LEMESHOW S., 1989. *Applied Logistic Regression*. New York : John Wiley & Sons, Inc. 307 p.
- LENIS M.G., PATIÑO, R., PEREA I., 1990. Diagnóstico y Mejoramiento del Sistema Productivo de la Agroindustria de la Extracción de Almidón Agrícola, en el Norte del Cauca. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Programa de Ingeniería Industrial, Cali. p.229.
- LIN J. Y., 1991. Education and Innovation Adoption in Agriculture: Evidence from Hybrid Rice in China. *American Journal of Agricultural Economics* 73
- Ministerio de Agricultura de Colombia y Desarrollo Rural de Colombia 1996. *La Economía de la Yuca en Colombia*. ed. Cardona A., A., y Lopez R., R. Santafé de Bogotá, Colombia : Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.
- RAHM M. R., HUFFMAN W. E., 1984. The Adoption of Reduced Tillage: The Role of Human Capital and Other Variables. *American Journal of Agricultural Economics*, 66:405-13.
- ROOK S. P., CARLSON G. A., 1985. Participation in Pest Management Groups. *American Journal of Agricultural Economics*, 67:563-66.
- ZEPEDA L. 1990. Adoption of Capital Versus Management Intensive Technologies. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 38:457-69

Résumé

Les études d'adoption de technologie et d'impact sont utiles pour les bailleurs de fonds et les responsables de projets de recherche-développement et plus particulièrement pour les chercheurs et divulgateurs pour qui cette information permet de réajuster (si cela est nécessaire), les objectifs et la méthodologie des projets en cours.

L'étude a permis de quantifier et d'analyser l'origine et les taux d'adoption de nouvelles technologies de transformation ou de variétés de manioc. L'utilisation d'un modèle économétrique simple a permis d'identifier les principales raisons de l'adoption ou du rejet de celles-ci. L'analyse des bénéfices sociaux et économiques apportés à la commu-

nauté montre que les producteurs et transformateurs de manioc sont les principaux bénéficiaires du projet. Sur la période 1988-95 les bénéfices liés à l'adoption sont évalués à 25,3 millions de dollars. Le taux de retour sur investissement pour le projet de développement est estimé à 83 %. L'information recueillie et les nombreuses recommandations techniques, organisationnelles et économiques formulées en conclusion du document sont autant d'éléments indispensables à la formulation d'une nouvelle phase pour le projet d'appui à l'agro-industrie de la transformation du manioc en amidon aigre, dans le nord du département du Cauca en Colombie.